

2010 年攻读硕士学位研究生入学考试北京市联合命题

大学物理试题

(请将答案写在答题纸上, 写在试题上的答案无效)

一、 选择题: (每小题 4 分, 共 40 分)

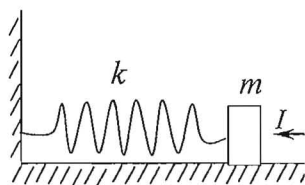
1. 一质点从静止开始沿半径为 R 的圆周作匀加速率运动。当切向加速度和法向加速度大小相等时, 质点走过的路程是

- (A) $\frac{R}{2}$ (B) R (C) $\frac{\pi R}{2}$ (D) πR

2. 站在电梯中的人, 看到用细绳连接的质量不同的两物体跨过电梯内的一个无摩擦的定滑轮而处于“平衡”状态, 由此, 他断定电梯作加速运动, 加速度

- (A) 大小为 g , 方向向上 (B) 大小为 g , 方向向下
(C) 大小为 $g/2$, 方向向上 (D) 大小为 $g/2$, 方向向下

3、一特殊的弹簧, 弹性力 $F = -kx^3$, k 为倔强系数, x 为形变量。现将弹簧水平放置, 一端固定, 一端与质量为 m 的滑块相连, 滑块自然静止于光滑水平面上。今沿弹簧长度方向给滑块一个冲量, 如图 1 所示。使滑块获得一速率 v , 并压缩弹簧, 则弹簧被压缩的最大长度为



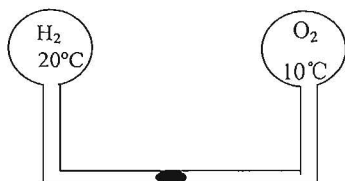
(图 1)

- (A) $\sqrt{\frac{m}{k}} v$ (B) $\sqrt{\frac{k}{m}} v$ (C) $\left(\frac{4mv^2}{k}\right)^{1/4}$ (D) $\left(\frac{2mv^2}{k}\right)^{1/4}$

4. 如图 2 所示, 体积相同的两容器中装有 20°C 的氢气和 10°C 的氧气, 此时水银滴刚好在玻璃管中央而维持平衡。那么当容器温度都升高 10°C 时,

水银滴又如何移动

- (A) 水银滴不动 (B) 水银滴向左移动
(C) 水银滴向右移动 (D) 条件不足不能确定



(图 2)

5. 无外场时, 温度为 227°C 的多原子分子理想气体的内能是

- (A) 全部平动动能的统计平均值
(B) 全部平动动能与转动动能之和的统计平均值
(C) 全部平动动能与转动动能、振动能之和的统计平均值
(D) 全部平动动能与分子相互作用势能之和的统计平均值

6. 两个相同的金属小球 1 和 2, 带有等量同号电荷, 相互作用力为 F 。

它们之间的距离远大于小球本身直径, 现在用一个带有绝缘柄的原来不带电的相同金属小球 3 去和小球 1 接触, 再和小球 2 接触, 然后移去。这样小球 1 和 2 之间的作用力变为

- (A) $F/2$ (B) $F/4$ (C) $3F/8$ (D) $F/10$

7. 一电子在垂直于一均匀磁场方向作半径为 R 的圆周运动, 电子的速度为 v , 则此圆轨道内所包含的总磁通量为

- (A) $\pi m v / (e R^2)$ (B) $\pi v / (m e R)$
(C) $(\pi m v / e) R^2$ (D) $\pi m v R / e$

8. 一平面谐波以波速 $2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 沿 X 轴正向传播, 坐标原点的振动表达式为 $y_0 = 6 \times 10^{-2} \cos \frac{\pi}{5} t \text{ m}$, 则当 $t = 5\text{s}$ 时该波的波形曲线方程为

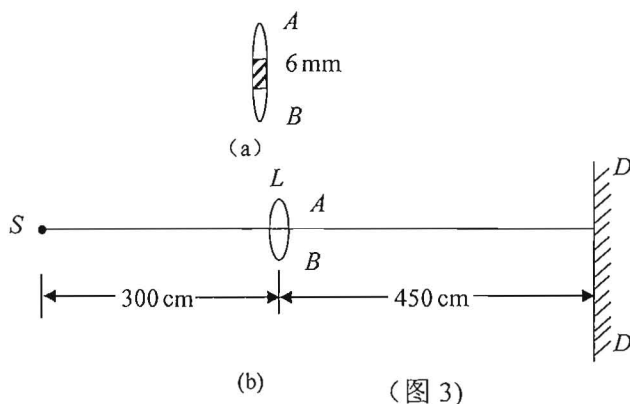
(A) $y = 6 \times 10^{-2} \cos(\pi - \pi x)$ m

(B) $y = 6 \times 10^{-2} \cos[\pi(1 - 0.1x)]$ m

(C) $y = 6 \times 10^{-2} \cos\left(\pi - \frac{x}{2}\right)$ m

(D) $y = 6 \times 10^{-2} \cos(\pi - 0.5\pi x)$ m

9. 如图 3 所示, 将焦距 f' 为 50cm 的凸透镜中央部分截去 6mm, 把余下的上下两部分再粘合起来, 成为一透镜 L 。在透镜 L 的对称轴上, 左边 300cm 处有一波长为 632.8nm 的单色点光源



S , 右边 450cm 处有一光屏 DD , 试问相邻明条纹的距离是多少 cm

(A) 0.21

(B) 0.34

(C) 0.034

(D) 观察不到干涉条纹

10. 两个面积为 S 的小导体片 1 和 2, 相互平行置于电导率为 σ 、相对介电常数为 ϵ_r 的介质中, 则在 SI 单位制中, 式 $\frac{\int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l}}{(\sigma \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S})}$ 表示 (其中, \vec{E} 是 1、2 间各点处的电场强度)

(A) 电容

(B) 电阻

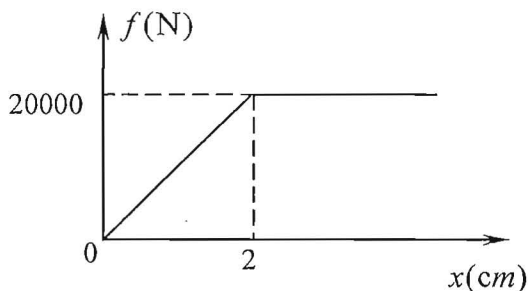
(C) 电容/电阻

(D) 1/电阻

二、 填空题 (每小题 5 分, 共 50 分)

1. 若将地球看成半径为 R 的均质球体, 则地球表面上方重力加速度大小只有地球表面处重力加速度大小的二分之一的位置离地面高度为_____。

2. 一质量为 20g, 速度为 200m/s



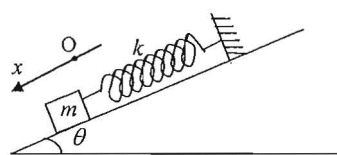
(图 4)

的子弹打入一固定墙内, 设子弹所受阻力与其进入深度 x 关系如图 4 所示, 则该子弹能进入墙壁的深度为_____。

3. 一密封的理想气体的温度从 27°C 起缓慢地上升, 直至其分子速率的均方根值是 27°C 时的均方根值的两倍, 气体最终的温度为_____ $^{\circ}\text{C}$ 。

4. 一高速电子总能量为其静能的 k 倍, 此时电子的速度 _____。

5. 光滑斜面上放置一弹簧振子如图 5 所示, 坐标原点选在平衡位置, 当物体坐标为 x 时, 该系统(物体+地球+弹簧)的势能 $E_p =$ _____。



(图 5)

6. 质量为 m 的小球自离雪面高 h_1 处从静止开始下落, 落入雪中后, 小球停留在离雪面深 h_2 处, 设空气对运动小球的阻力为 f_1 , 则雪对运动小球的平均阻力大小为_____。

7. 一无限长直导线的横截面各处的电流密度均相等, 总电流为 I , 则每单位长度导线内所贮藏的能量为_____。

8. 由两块玻璃片组成的空气劈形膜, 当以波长为 λ 的单色光垂直入射时, 测得相邻明纹的距离为 L_1 。在相同条件下, 当玻璃间注满某种透明液体时, 测得两相邻明纹的距离为 L_2 , 则此液体的折射率为_____。

9. 借助于滤光片从白光中取得蓝绿色光作为杨氏干涉装置的光源, 其波长范围 $\Delta\lambda = 100\text{nm}$, 平均波长 $\lambda = 490\text{nm}$ 。其杨氏干涉条纹大约从第_____级开始变得模糊不清。

10. 某金属产生光电效应的红限为 ν_0 , 当用频率为 ν ($\nu > \nu_0$) 的单色光照射该金属时, 从金属中逸出的光电子(质量为 m)的德布罗意波长为_____。

三、 计算题（每小题 15 分，共 60 分）

1. 如图 6 所示，质量为 M 的木块在光滑的固定斜面上，由 A 点从静止开始下滑，当下降高度 h 运动到 B 点时，木块被一颗水平飞来的子弹射中，子弹立即陷入木块内。设子弹的质量为 m ，速度为 \bar{v} ，求子弹射中木块后，子弹与木块可以到达的最大高度 H 。

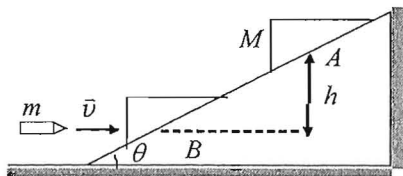


图 6

2. 根据麦克斯韦速率分布律 $f(v) = 4\pi\left(\frac{\mu}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{\mu}{2kT}v^2} v^2$ ，试求：

- (1) 平动动能 $\varepsilon (= \frac{1}{2}\mu v^2)$ 介于 $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + d\varepsilon$ 之间的分子数占总分子数的比率；
- (2) 平动动能的最概然值 ε_p 。（其中， μ 为气体分子质量）

3. 如图 7 所示，两个相同的水平放置的平板空气电容器连接起来，充电后电容器 A 中的带电微粒 P 刚好静止地悬浮着。撤去电源，将电容器 B 的两板水平地错开，使两板相对的面积减小为原来的一半。试求此时带电微粒 P 在竖直方向运动的加速度。



图 7

4. 只有一根辐条的轮子在均匀磁场 \bar{B} 中转动，轮轴与磁场方向平行，如图 8 所示。轮子和辐条都是导体，辐条长为 R ，轮子每秒转 N 圈，两根导线 a 和 b 通过各自的电刷分别与轮轴和轮边保持接触，求：

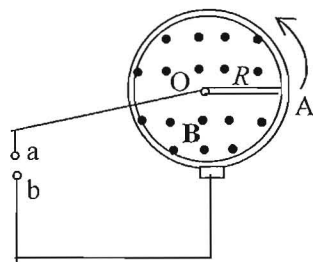


图 8

- (1) a 、 b 两点间的动生电动势；
- (2) 若在 a 、 b 间接一电阻，辐条中的电流方向如何？
- (3) 若辐条中的电流为 I ，此时辐条所受磁力矩的大小和方向如何？
- (4) 若轮子的辐条是 n 根， a 、 b 两点间的动生电动势的大小为多少？

2010 年攻读硕士学位研究生入学考试北京市联合出题

大学物理参考答案

(请将答案写在答题纸上, 写在试题上的答案无效)

一、选择题: (每小题 4 分, 共 40 分)

1、A; 2、B; 3、D; 4、B; 5、C; 6、C; 7、D; 8、B; 9、D; 10、B。

二、填空题 (每题 5 分, 共 50 分)

1、 $(\sqrt{2}-1)R$; 2、3cm; 3、 927°C ; 4、 $\frac{c}{k}\sqrt{k^2-1}$; 5、 $\frac{1}{2}kx^2$; 6、 $\frac{mg(h_1+h_2)-f_1h_1}{h_2}$;

7、 $\frac{\mu_0 I^2}{16\pi}$; 8、 L_1/L_2 ; 9、5; 10、 $\lambda = \sqrt{\frac{h}{2m(v-v_0)}}$

二、 计算题 (每小题 15 分, 共 60 分)

1、解: (1) M 下滑过程, 机械能守恒 (2 分)

$$Mgh = \frac{1}{2}MV_0^2 \quad \dots\dots\textcircled{1} \quad (2 \text{ 分})$$

碰撞过程, $M+m$ 系统, 沿斜面方向动量守恒 (2 分)

$$mv\cos\theta - MV_0 = (m+M)V \quad \dots\dots\textcircled{2} \quad (2 \text{ 分})$$

碰撞后, $M+m$ 系统机械能守恒 (2 分)

$$\frac{1}{2}(m+M)V^2 = (m+M)gH \quad \dots\dots\textcircled{3} \quad (2 \text{ 分})$$

由①②③式:
$$H = \frac{1}{2g} \left(\frac{mv\cos\theta - M\sqrt{2gh}}{m+M} \right)^2 \quad (3 \text{ 分})$$

2、 解: (1) 由于 $\varepsilon = \frac{1}{2}\mu v^2$, 故 $d\varepsilon = \mu v dv$, 即 $dv = \frac{d\varepsilon}{\mu v}$ 。 (2 分)

又由于 $v = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{\mu}}$ ，因此 $dv = \frac{d\varepsilon}{\sqrt{2\mu\varepsilon}}$ 。 (2 分)

根据麦克斯韦速率分布律，速率介于 $v \rightarrow v + dv$ 之间的分子数占总分子数的比率为

$$\frac{dN}{N} = f(v)dv = 4\pi\left(\frac{\mu}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{\mu v^2}{2kT}} v^2 dv,$$

将 $v = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{\mu}}$ 和 $dv = \frac{d\varepsilon}{\sqrt{2\mu\varepsilon}}$ ，代入上式，即可得平动动能 ε 介于 $\varepsilon \rightarrow \varepsilon + d\varepsilon$ 之间的分子数占总分子数的比率

$$\frac{dN}{N} = F(\varepsilon)d\varepsilon = \frac{2}{\sqrt{\pi}}(kT)^{-\frac{3}{2}}\sqrt{\varepsilon}e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}d\varepsilon$$
 (4 分)

(2) 只需对 $F(\varepsilon)$ 求极值，就可求得平动动能的最概然值 ε_p 。

$$\frac{dF(\varepsilon)}{d\varepsilon} = 0$$
 (3 分)

即

$$\frac{1}{2}\varepsilon^{-\frac{1}{2}}e^{-\frac{\varepsilon}{kT}} - \frac{1}{kT}e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}\varepsilon^{\frac{1}{2}} = 0$$

由此式可解得

$$\varepsilon_p = \varepsilon = \frac{1}{2}kT$$
 (4 分)

3、解：设开始 A 和 B 的电容均为 C ，电量均为 Q ，电压均为 U ，

则 A 中电场： $E_0 = Q/Cd$ (3 分)

平衡时： $mg = qE_0$ (2 分)

两板错开后， B 的电容减半，此时 $Q_A + Q_B = 2Q$ ， $\frac{Q_A}{C} = \frac{Q_B}{C/2} \Rightarrow Q_A = \frac{4}{3}Q$ (5 分)

A 中电场 $E = \frac{Q_A}{C \cdot d} = \frac{4}{3}E_0$ (2 分)

$$\sum F = qE - mg = \frac{1}{3}mg = ma \Rightarrow a = \frac{g}{3}$$
 (3 分)

4、解：（1）用动生电动势公式求解。如图所示，将辐条看成为由许多线元组成，选取距 O 点为 l ，长度为 dl 的线元（ dl 方向 $O \rightarrow A$ ），动生电动势 $d\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$ ，由题意分析可知， \vec{v} 垂直于 \vec{B} ，且 $v = l\omega = l \cdot 2\pi N$

$$d\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = 2\pi Nl \cdot B \cdot dl$$

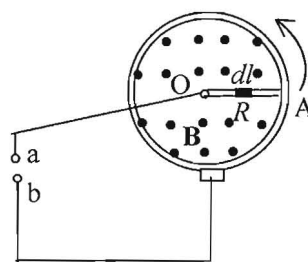
对于整个辐条来说，其电动势为

$$\varepsilon = \int_0^R 2\pi Nl \cdot B \cdot dl = \pi R^2 NB$$

此电动势既为 a 、 b 两点间电动势大小。

（5 分）

（2） $\varepsilon > 0$ ，说明电动势的方向与 $\vec{v} \times \vec{B}$ 的方向一致，即 A 端电势高于 O 端电势，则若在 a 、 b 间接一电阻，辐条中的电流方向将沿 $O \rightarrow A$ 。（2 分）



（3） dl 段受力： $dF = IdlB$ $dF = BI dl$

dl 段受力矩： $dM = l \cdot dF = IB l dl$

辐条转动所受力矩大小： $M = \int_0^R IB l dl = \frac{1}{2} IB R^2$ （3 分）

辐条转动所受力矩方向：垂直纸面向里（阻力矩）。 （2 分）

（4）多根辐条时，相当于 n 个相同的电源的并联，总电动势与（1）相同。

（3 分）